

GEOAI4ENERGY

GeoAI-Based Urban Energy Planning Using EO Data

Programm / Ausschreibung	FORPA, Dissertaionen 2024, Industrienahe Dissertationen 2026	Status	laufend
Projektstart	01.10.2026	Projektende	30.09.2029
Zeitraum	2026 - 2029	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	GeoAI, Earth Observation, GIS, Data Science, Urban Planning, Spatial Energy Planning, Climate Resilience		

Projektbeschreibung

AUSGANGSSITUATION

Urbane Energiesysteme stehen zunehmend unter Druck durch den Klimawandel, das Wachstum der Städte sowie steigende Anforderungen an Resilienz und Versorgungssicherheit. Häufigere und intensivere Hitzeereignisse in Kombination mit ausgeprägten urbanen Wärmeinseleffekten führen zu einem steigenden Kühlbedarf und zusätzlicher Belastung von Stromnetzen und Energieinfrastrukturen. Gleichzeitig sehen sich Städte, Energieversorger und planungsorientierte Unternehmen mit wachsendem Druck konfrontiert, integrierte, räumlich differenzierte und klimaresiliente Energieplanungsstrategien zu entwickeln. Trotz zunehmender Datenverfügbarkeit werden klimabedingte thermische Risiken in vielen urbanen Energieplanungsprozessen bislang nur unzureichend berücksichtigt und häufig lediglich über aggregierte Indikatoren abgebildet.

PROBLEMSTELLUNG UND MOTIVATION

Bestehende Ansätze der urbanen Energie- und Infrastrukturplanung basieren häufig auf statischen Annahmen und einer groben räumlichen Auflösung. Infolgedessen bleiben lokale Auswirkungen von Hitzeinseleffekten auf das Energiesystem und die Menschen vor Ort oftmals unerkannt. Thermische Erdbeobachtungsdaten liefern räumlich explizite Informationen zur Landoberflächentemperatur und zur urbanen Hitzeexposition, die in engem Zusammenhang mit Energiebedarf und städtischer Behaglichkeit stehen. Die Überführung dieser Daten in handlungsrelevantes Wissen erfordert jedoch fortgeschrittene analytische Methoden, die räumliche Heterogenität, zeitliche Dynamik sowie komplexe Wechselwirkungen zwischen Klima, Stadtstruktur und Energiesystemen adäquat abbilden können. Es besteht ein Bedarf an integrierten, skalierbaren Ansätzen, die EO-Daten, Geoinformationen und energierelevante Datensätze unter Einsatz moderner KI-Methoden systematisch kombinieren.

ZIELE UND INNOVATIONSGEHALT

Ziel dieses Dissertationsprojekts ist vor diesem Hintergrund die Entwicklung und Anwendung von Methoden zur KI-gestützten Verarbeitung von Erdbeobachtungsdaten zur Unterstützung einer integrierten und klimaresilienten urbanen Energieplanung. Ein besonderer Fokus liegt auf der thermischen Fernerkundung sowie auf generativen KI-Ansätzen (z. B.

Diffusionsmodellen), um hochaufgelöste, dynamische Informationen zur urbanen Hitzeexposition mit Relevanz für die Energieplanung abzuleiten.

Die Innovation besteht in der systematischen Integration EO-basierter thermischer Indikatoren mit urbanen, klimatischen und energierelevanten Geodaten innerhalb eines kohärenten, GeoAI-getriebenen Analyseframeworks. Dies geht über den aktuellen Stand der Technik hinaus, indem räumlich explizite, datengetriebene Erkenntnisse zu den Wechselwirkungen zwischen Hitze und Energiesystemen auf urbaner Ebene ermöglicht werden.

ERWARTETE ERGEBNISSE UND ERKENNTNISSE

Erwartete Ergebnisse umfassen:

- (i) neuartige GeoKI-Methoden zur Rekonstruktion und Analyse urbaner Hitzeinseln,
- (ii) räumliche Indikatoren zur Identifikation hitzebedingter Hotspots sowie klimabedingter Risiken für urbane Energiesysteme, und
- (iii) GIS-basierte Werkzeuge für Städte, Energieversorger und planungsorientierte Unternehmen.

Die Dissertation leistet einen wissenschaftlichen Beitrag zur Weiterentwicklung von GeoKI-Methoden in der integrierten räumlichen Stadt- und Energieplanung und schafft zugleich einen klaren Mehrwert für industrielle Partner durch die Verbesserung datenbasierter Planungs-, Bewertungs- und Entscheidungsprozesse für klimaresiliente urbane Energiesysteme.

Abstract

INITIAL SITUATION

Urban energy systems are increasingly challenged by climate change, urban growth, and rising requirements for resilience and supply security. More frequent and intense heat events, combined with pronounced urban heat island effects, lead to growing cooling demand and additional stress on electricity grids and energy infrastructure. At the same time, cities, utilities, and planning-oriented companies face increasing pressure to develop integrated, spatially differentiated, and climate-resilient energy planning strategies. Despite growing data availability, climate-induced thermal risks are still insufficiently represented in many urban energy planning processes and are often addressed only through aggregated indicators.

PROBLEM AND MOTIVATION

Existing approaches to urban energy and infrastructure planning typically rely on static assumptions and coarse spatial resolution. As a result, localized heat-related energy hotspots, spatial inequalities in thermal exposure, and climate-driven vulnerabilities of energy systems often remain undetected. Thermal Earth observation data provide spatially explicit information on land surface temperature and urban heat exposure, which are closely linked to energy demand and system performance. However, transforming these data into actionable, decision-relevant knowledge requires advanced analytical methods capable of handling spatial heterogeneity, temporal dynamics, and complex interactions between climate, urban form, and energy systems. There is a need for integrated, scalable approaches that combine EO data, geospatial information, and energy-related datasets using modern AI techniques.

OBJECTIVES AND INNOVATION CONTENT

The objective of this industrial PhD project is to develop and apply GeoAI-based methods for the AI-supported processing of Earth observation data to support integrated and climate-resilient urban energy planning. A particular focus is placed on thermal remote sensing and generative AI approaches (e.g. diffusion models) to derive high-resolution, dynamic information on urban heat exposure relevant for energy planning. The innovation lies in the systematic integration of EO-based thermal indicators with urban, climatic, and energy-related geodata within a coherent GeoAI-driven analytical framework. This goes beyond the current state of the art by enabling spatially explicit, data-driven insights into heat-energy interactions at the urban scale.

EXPECTED RESULTS AND INSIGHTS

Expected outcomes include

- (i) novel GeoAI methods for reconstructing and analysing urban thermal patterns,
- (ii) spatial indicators to identify heat-related energy stress hotspots and climate-related risks for urban energy systems, and
- (iii) GIS-based decision-support tools for cities, utilities, and planning-related companies.

The dissertation will contribute scientifically to the advancement of GeoAI methods in urban and energy research, while providing clear added value for industrial partners by improving data-driven planning, assessment, and decision-making processes for climate-resilient urban energy systems.

Projektpartner

- AEE - Institut für Nachhaltige Technologien (kurz: AEE INTEC)